

www.bioforsk.no

FOKUS

Bioforsk | Vol. 8 | Nr. 3 | 2013



Biologisk nitrogenbinding - belgvekster som kilde til nitrogen

Grete Lene Serikstad, Sissel Hansen og Anne de Boer

Biologisk nitrogenbinding - belgvekster som kilde til nitrogen

Grete Lene Serikstad, Sissel Hansen og Anne de Boer

Bioforsk Fokus blir utgitt av
Bioforsk, Fr. A. Dahls vei 20, 1432 Ås
post@bioforsk.no
Ansvarlig redaktør: Forskningsdirektør Nils Vagstad

Denne utgivelsen:
Bioforsk Økologisk
Fagredaktør: Kristin Marie Sørheim

Bioforsk Fokus
Vol 8 nr. 3 2013
ISBN-13 nummer: 978-82-17-01062-3
ISSN nummer: ISSN 0809-8662

Forsidefoto: Tverrsnitt av en rotknoll med aktive Rhizobium-bakterier.
Foto: Reidun Pommeresche, Bioforsk
Produksjon: www.kursiv.no
Denne publikasjonen er utgitt med støtte fra Statens Landbruksforvaltning

Takk til Tor Lunnan, Bioforsk, som har lest gjennom teksten.
Takk til Randi B. Frøseth, Ilevina Sturite og Gustav Fystro, Bioforsk og
Inger E. B. Slågedal, NLR Agder for viktige bidrag til innholdet.

www.bioforsk.no

Innhold

■ Innledning	6
■ Det store nitrogenkretsløpet	7
Hva skjer i jorda?	8
Nitrogen som miljøproblem	9
■ Biologisk nitrogenbinding	10
Knolldanning	10
Unik prosess	10
Bakteriesmitting	11
■ Faktorer som påvirker bindingsaktiviteten.....	12
■ Minst mulig nitrogen tap og mest mulig nytte av nitrogen fra N-binding	13
Tap i form av lystgass	13
Tap i form av nitrat.....	13
■ Belgvekster og karbonregnskap	14
■ Hvor mye nitrogen binder engbelgvekstene fra lufta?.....	15
Bestemmelse av belgvekstmengde i stående eng.....	17
Beregning av bundet mengde nitrogen fra lufta	17
■ Kløvertretthet	19
Styrk kløverplantene	20
■ Belgvekster til modning	21
■ Belgvekster i grønngjødsel og som underkultur i korn	22
Underkultur i korn	24
Hvordan unngå næringstap ved dyrking av grønngjødsel?.....	25
■ Internettadresser.....	27
■ Litteratur	28

Innledning

Erteblomstfamilien omfatter viktige jordbruksplanter både til fôr (kløver, luserne) og mat (erter, bønner, linser). Erteplanter eller belgvekster har den unike egenskapen at de ved hjelp av bakterier i knoller på røttene kan binde nitrogen fra lufta. Dette kalles biologisk nitrogenbinding eller biologisk nitrogenfiksering. Denne prosessen foregår ved hjelp av energi fra sola og er en viktig del av det globale nitrogenkretsløpet. På verdensbasis bindes rundt 40 mill. tonn nitrogen på denne måten i jordbruket hvert år, til sammenligning produseres det ca. 90 mill. tonn nitrogen i kunstgjød-sel hvert år. I disse prosessene omdannes det inaktive nitrogenet i lufta til biologisk aktivt nitrogen, som planter, dyr og mennesker kan nyttiggjøre seg. Men en økning av mengde biologisk aktivt nitrogen kan også skape miljøproblemer. Menneskene må lære seg å kontrollere nitrogenstrømmene best mulig for å unngå store forurensningsproblemer.

Belgvekstenes nitrogenbindingsprosess og hvor mye nitrogen som bindes fra lufta påvirkes av mange faktorer. Bonden kan legge til rette for belgvekstenes nitrogenbinding gjennom ulike tiltak. Da er det samtidig viktig å sørge for at nitrogen som ikke fjernes med belgvekstavlinga også kan komme andre kulturplanter til gode og ikke går tapt til luft og vann.

Omfanget av belgvekst dyrkinga ble redusert da nitrogen i kunstgjød-sel ble billig og lett tilgjengelig. I økologisk drift er belgvekster motoren i systemet, som sørger for viktig nitrogen gjød-sel og proteinrikt fôr. I konvensjonell drift kan belgvekster redusere utgiftene til nitrogen gjød-sel, gi bedre grovfôr og gjøre vekstskiftet mer allsidig. Teksten i heftet er derfor aktuell både for konvensjonell og økologisk drift.



Foto: Bolette Bele, Bioforsk

Det store nitrogenkretsløpet

Nitrogen fins i store mengder i naturen, men meste-
parten forekommer i en form som de fleste levende
organismer ikke kan nyttiggjøre seg. Dette nitrogenet
er inaktivt, i form av N_2 -gass i lufta. Nitrogen fins også
i aminosyrer, proteiner og i DNA i levende organismer,
og er et helt nødvendig næringsstoff for planter, dyr
og mennesker. For at organismer skal kunne bruke det
i sin vekst må nitrogenet opptre i biologisk tilgjenge-
lige/reaktive former. Dette kan være i form av nitrat,
ammoniakk, lystgass og ulike NO_x -forbindelser.

Uten menneskelig påvirkning kan luftas nitrogen bli
biologisk tilgjengelig på to måter, ved lynutladninger
eller ved hjelp av mikroorganismer som har evnen til

nyttiggjøre seg nitrogen i gassform. De mest kjente av
disse mikroorganismene for jordbruket er Rhizobium-
bakteriene, som lever i symbiose (samliv til felles
beste) med belgvekster. Denne prosessen har mennesk-
ene lært seg å utnytte ved å dyrke belgvekster. Økt
dyrking av belgvekster øker derfor mengden biologisk
tilgjengelig/reaktivt nitrogen globalt.

Menneskelig aktivitet har økt mengden av reaktivt
nitrogen kraftig i løpet av de siste 100 årene. Produk-
sjon av kunstgjødsel utgjør den største delen av dette.
Dyrking av belgvekster utgjør også en betydelig del.
Annen menneskelig aktivitet som bidrar til å frigjøre og
øke mengden nitrogen i omløp, er avskoging og oppdyr-
king og forbrenning av fossilt drivstoff.

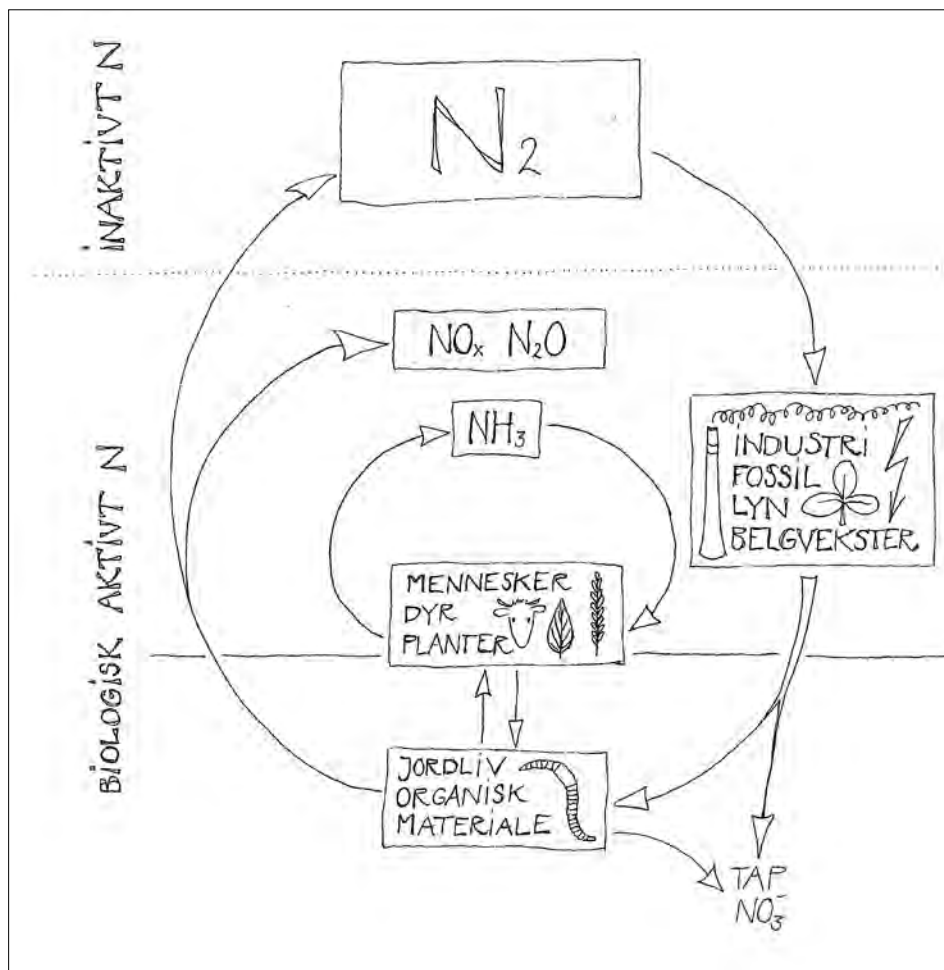
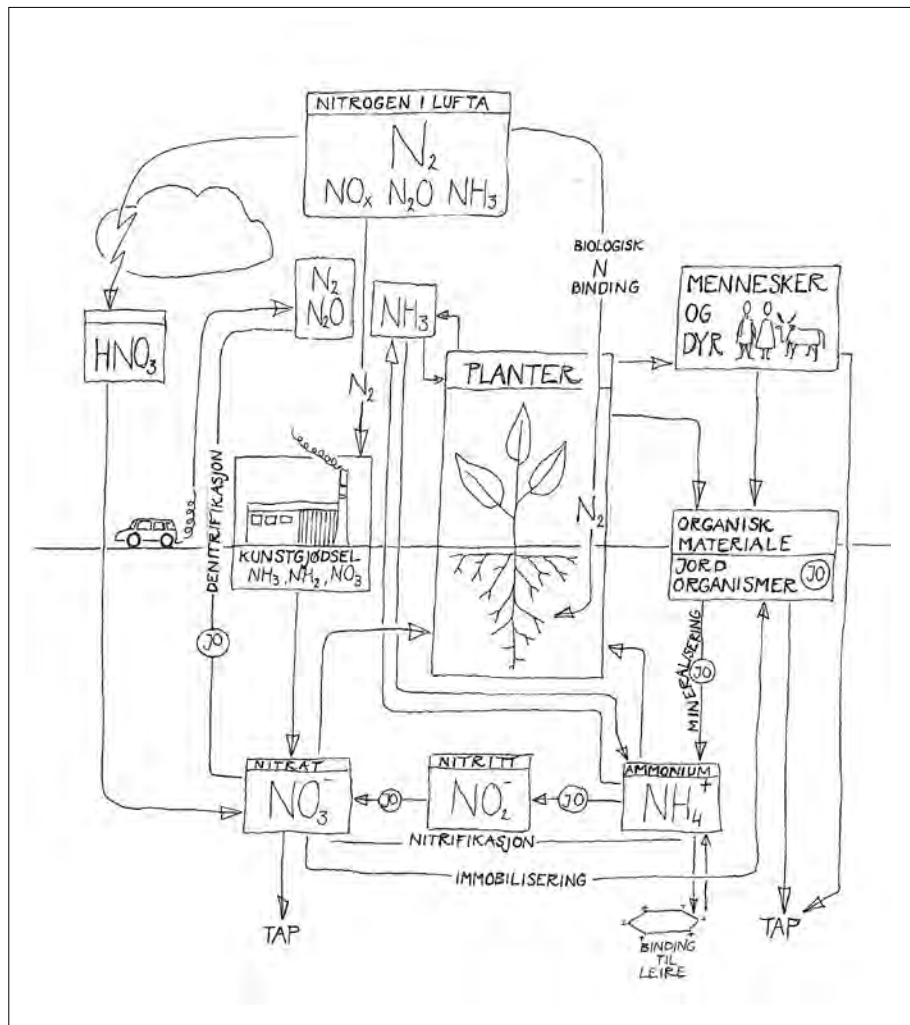


Fig.1. Nitrogen veksler mellom biologisk aktive og inaktive former i det store kretsløpet. Inaktivt nitrogen, N_2 , fins i luft. Biologisk aktivt nitrogen fins i mange former. Biologisk aktivt nitrogen er nødvendig næringsstoff for planter, dyr og mennesker, men kan også gi miljøproblemer i luft og vann. Bakterier i belgvekstenes rotknoller omdanner N_2 til en form som plantene kan ta opp. Illustrasjon: Anne de Boer, Bioforsk



Figur 2. En viktig del av nitrogen-kretsløpet skjer i jorda. Bakterier bryter ned og bygger opp organisk materiale, hvor nitrogen inngår. Bakterier bidrar også til at det dannes ammonium, nitritt og nitrat. Vi ønsker at mest mulig av nitrogenet i jorda skal komme til nytte for planteveksten og jordlivet. Avhengig av blant annet lufttilgang, fuktighet og temperatur vil en større eller mindre del av nitrogenet tapes til luft og vann. Noe bindes også til leirmineraler i jorda. Illustrasjon: Anne de Boer, Bioforsk

Hva skjer i jorda?

Omdanningsprosessene i jorda er viktige i nitrogenets kretsløp. Her inngår flere biologisk tilgjengelige nitrogenforbindelser sammen med mange ulike bakterier med ulike oppgaver. Når plantemateriale brytes ned, dannes blant annet ammonium. Ammonium dannes også når belgvekstene binder nitrogen fra lufta. I jorda kan ammonium bli omdannet til nitrat. Denne prosessen kalles nitrifikasjon og er en viktig del av nitrogenkretsløpet. Plantene tar lettest opp nitrat, men tar

også opp ammonium og enkle organiske molekyler. Nitrat binder seg dårlig i jorda og kan derfor lett vaskes ut fra jordsmonnet. Det kan også tapes ved denitrifikasjon. Nitrogen blir da redusert fra nitrat og nitritt til nitrogenoksid, lystgass eller molekyllært nitrogen ved hjelp av ulike typer bakterier. Hva som blir sluttproduktet avhenger blant annet av hvor mye oksygen som er til stede. Denitrifikasjon kan skje overalt der det er tilgjengelig nitrat og mangel på oksygen. Dette er hovedkilden til utslipp av lystgass fra jordbruket.



Stor næringstilførsel i form av fosfor og nitrogen kan føre til økt algeproduksjon i vassdrag og hav.
Foto: Håkon Borch, Bioforsk

Nitrogen som miljøproblem

Nitrogen som er biologisk bundet eller industrielt framstilt er biologisk tilgjengelig, men det er bare en del av dette nitrogenet som benyttes som byggestein i plante- og husdyrprodukter. For hvert ledd i produksjonsprosessen forsvinner en del av næringsstoffet. Gjennomsnittlig nitrogeneffektivitet på globalt nivå, regnet som netto produsert mengde delt på netto tilført mengde, er ca. 50 %. I EU-landene er nitrogeneffektiviteten bare 36 %, på grunn av sterkere gjødsling i denne regionen, sammenlignet med globalt gjennomsnitt. Biologisk aktivt nitrogen er knytta til mange av de miljømessige hovedutfordringene menneskene står overfor. Stikkord er blant annet forsuring av jord og vann, økte ozonmengder i troposfæren (nær bakken) og nedbryting av ozon i stratosfæren, global oppvarming, redusert biodiversitet, eutrofiering av innsjøer og elver og økning av nitratinhold i grunn- og overflatevann. Utslipp av lystgass har alvorlige konsekvenser for global oppvarming, hvor oppvarmingseffekten av gassen er omtrent 300 ganger sterkere enn CO₂ per kg gass. Reaktivt nitrogen kan spres på ulike måter, også indirekte, i form av nedbør. Et enkelt molekyl av reaktivt

nitrogen kan gi ulike miljøproblemer fordi det veldig lett kan veksle mellom å være i jord, luft eller vann og kan inngå i mange reaksjoner som gir en kaskade av effekter. Dette gjør nitrogen til et mer komplekst miljøproblem enn mange andre forurensningskilder.



På verdensbasis produseres det mer enn 90 mill tonn nitrogen årlig i form av kunstgjødsel. Foto: Anita Land, Bioforsk

Biologisk nitrogenbinding

Mengde plantetilgjengelig nitrogen i rotsonen er ofte begrensende for veksten i plantene. Biologisk nitrogenbinding er derfor en viktig mekanisme i naturen ved at nitrogen fra lufta omdannes til plantetilgjengelig nitrogen. Menneskene har lært seg å utnytte nitrogenbindende mikroorganismer i jordbruket gjennom dyrking av belgvekster. Belgvekstene har vært avgjørende for å opprettholde jordas produksjonsevne, særlig før industriframstilt nitrogen ble tatt i bruk. I økologisk landbruk er belgvekstene avgjørende for nitrogenforsyninga.

Gjennom symbiose (samliv til felles beste) mellom nitrogenbindende *Rhizobium*-bakterier og belgvekster (for eksempel kløver, erter, bønner og vikke) omdannes luftas nitrogen til plantetilgjengelig ammonium. Dette skjer i knoller på planterøttene.

Knolldanning

Det er et unikt samspill mellom bakterier og plante som fører til knolldanningen på belgvekstrøttene. *Rhizobium*-bakteriene kan også leve fritt i jorda. De kan da ikke nyttiggjøre seg av inaktivt nitrogen og lever av dødt plantemateriale. Belgplantene skiller ut stoffer som stimulerer bakterieveksten og gir positiv tiltrekning mellom bakterier og rothår. Jo flere bakterier i rotsonen, jo raskere og større etablering av rotknoller. Bakteriene trenger inn i rothårene. Den enkelte rothår-celle danner en infeksjonstråd, som inneholder kjeder av bakterier. Tråden trenger gjennom rotbarken, hvor

plantecellene stimuleres til rask celledeling. Samtidig skjer en formering av bakteriene og det dannes rotknoller fylt med bakterier. Bakteriene gjennomgår endringer slik at de kan nyttiggjøre seg av inaktivt nitrogen.

Størrelse og utseende på knollene varierer. De er runde på soyabønner, flate eller fingerformete på sneglebelg og ovale på kløver. Hos lupin lever bakteriene inne i selve rota, som svulmer opp og blir lakserød inni. Knollene kan være opptil 1 cm i diameter, de minste er som et knappenålshode.

Unik prosess

Fabrikkproduksjon av ammoniakk til kunstgjødsel er svært energikrevende, og foregår ved høyt trykk (280-300 atm.) og høy temperatur (450-500 grader °C). Det benyttes ikke-fornybar energi fra naturgass i prosessen. I rotknollene foregår den samme prosessen i jordtemperatur og ved vanlig trykk. Det trengs mye energi også her, men denne energien kommer fra karbohydrater som planta har produsert ved hjelp av sollyset gjennom fotosyntesen. Ved forbrenning av karbohydratene forbrukes oksygen. Nitrogenet tas fra jordlufta rundt rotknollene. Det molekylære nitrogenet, N_2 , splittes og blir redusert til ammoniakk, NH_3 . Ammoniakk omdannes raskt til ammonium, NH_4^+ , som plantene tar opp og bygger inn i aminosyrer, proteiner og andre stoffer.



*Rhizobiumknoller på røtter av hvitkløver.
Foto: Reidun Pommeresche, Bioforsk*



*Lakserøde rotknoller på belgvekstrøttene viser at *Rhizobium*-bakteriene er aktive og binder nitrogen fra lufta.
Foto: Reidun Pommeresche, Bioforsk*

Bakterieknollene består blant annet av det røde pigmentet leghemoglobin. Dette stoffet gir knollene den lyserøde fargen. Pigmentet hindrer oksygen i å komme i kontakt med enzymet nitrogenase, som er katalysator for reduksjonsprosessen, og som ikke tåler oksygen. Uten dette pigmentet skjer det ingen nitrogenbinding. Rød farge på knollene er derfor en god indikator på at det foregår nitrogenbinding.

Bakteriesmitting

Rhizobium-bakterier omfatter mange slekter som er delt inn i arter og raser ut fra ulike kriterier, blant annet ut fra hvilke belgvekster de kan leve i symbiose med. Det er viktig at de som binder mest nitrogen er til stede i kulturplantene, og at de er tilpasset den veksten som dyrkes.

For å sikre at effektive bakterier infiserer plantene, kan det være nødvendig å smitte belgvekstfrøene. Bakteriene som går på kløver, erter, vikker og åkerbønner finnes i mesteparten av den dyrka jorda i Norge.

Det er derfor sjelden nødvendig å smitte frø av disse vekstene, med unntak av på nydyrka jord eller på tidligere sur og vassjuk jord som har blitt grøfta og kalka. Frøsmitting kan også være nødvendig hvis de stedege Rhizobium-bakteriene er lite effektive. Luserne, steinkløver, lupiner og ekte bønner er det oftest nødvendig å smitte hvis de ikke nylig har vært dyrket på stedet.

Bakteriekultur tilpasset belgvekststarten kjøpes hos frøfirma i små poser med fuktig jord som inneholder store mengder bakterier. Ved å tilsette lunka vann kan en lage en grøtaktig blanding av dette. Dette dynkes på frøene like før såing. Bakteriene tåler ikke direkte sollys eller uttørking, og arbeidet bør derfor foregå inne eller i skyggen. Frøene må ikke bli så våte at de kleber. Ved bruk av frøblandinger er det lurt å smitte belgvekstfrøene først og blande dem med andre frø etterpå, da tørker frøene bedre opp før spredning. Betongblander kan brukes til å blande store mengder frø. Bakteriekultur kan også tilsettes i pelletert frø hos frøfirma. Dette er i bruk blant annet for luserne i utlandet. Da slipper en å smitte selv, men smitten har kort holdbarhet.



Effektive Rhizobium-bakterier gir store knoller, samlet på primærrota og de øverste siderøttene. Gresk vikkeplante med aktive rotnodler. Foto: Sissel Hansen, Bioforsk

Faktorer som påvirker bindingsaktiviteten

Naturgitte og driftsmessige forhold bestemmer hvor mye nitrogen bakteriene binder fra lufta. Rotknollenes aktivitet begrenses av alt som påvirker en eller begge parter i symbiosen. Dårlige vekstforhold for planten vil begrense knolldannelse og nitrogenbinding. Sur, næringsfattig, tørr, våt eller tett jord er derfor uheldig. Dessuten vil mange av disse faktorene, blant annet vassjuk jord, temperatur, pH og mineralopptak, ha større effekt på planter med knoller enn tilsvarende planter som ikke lever i symbiose.

Klimaforholdene er viktig for nitrogenbindingen, det gjelder blant annet temperatur, lysmengde, nedbør og overvintringsforhold. Optimal temperatur for bakteriene er 15-25 °C og nitrogenbindingen avtar raskt ved temperatur under 10 °C. Lang dag, høy lysintensitet og lang vekstsesong kan til en viss grad kompensere for lav temperatur. Tørke reduserer plantenes fotosyntese og dermed energitilgangen til bindingsprosessen.

Tilgangen på nitrogen påvirker også nitrogenbindingen i knollene. Prosessen er energikrevende, og plantene vil først ta i bruk lett tilgjengelig mineralnitrogen i jorda, før de begynner å binde nitrogen sjøl. Sterk N-gjødsling vil hemme knolldanning og nødvendige prosesser i nitrogenbindinga. Ved sterk gjødsling av blandingseng vil dessuten engbelgvekstene tape kampen om lys, plass og næring fordi grasartene utnytter nitrogenet bedre. Dette betyr mer for total mengde nitrogenfiksering enn at andelen nitrogen som er bundet i kløverplanten blir redusert ved gjødsling. Hos unge planter, før N-bindingen fra lufta har startet, kan derimot små mengder nitrogen fremme planteveksten og dermed knolldanninga.

Den biologiske nitrogenbindinga kan bli redusert ved mangel på næringsstoff som kalsium, kalium, fosfor, magnesium, svovel, kobolt, molybden eller andre mikronæringsstoff. Belgvekstene lever ofte i symbiose med sopper som hjelper til med mineralopptaket. Disse kalles mykorrhiza eller sopprot. Belgvekster generelt har forholdsvis høye krav til pH (opp mot pH 5,8- 6), men det er forskjell på artene. Blant annet trenger rødkløver og luserne høyere pH enn alsikekløver. Lav pH kan føre til redusert knolldanning og liten nitrogenbinding. Tungmetaller og rester av kjemiske ugrasmidler i jorda kan hemme nitrogenbindingsaktiviteten. Hovedregelen er at planter som vokser godt også har

en aktiv nitrogenbinding. Valg av sorter og arter som er tilpasset de lokale vekstforholdene er derfor viktig. Valg av rett belgvekstart ut fra jordart kan også bidra til økt nitrogenbinding fra lufta, for eksempel kan alsikekløver trives bedre på myrjord enn rødkløver. En blanding av flere arter kan sikre vekst og N-binding under vekslende forhold.

Høsting av belgvekstene vil påvirke knollaktiviteten. Rett etter høsting går N-bindinga mye ned på grunn av redusert energitilgang og av at mange røtter dør. Dette endrer seg når planta vokser fram igjen fordi høstingen stimulerer til nydanning av rotsystemet. Slått eller beiting vil også virke positivt fordi N-bindingen reduseres etter frøsetting. Andelen av nitrogen bundet fra lufta av totalt nitrogeninnhold i belgvekstene vil være større når flerårige belgvekster høstes eller beites enn om de ikke blir det.

Dyrking av belgvekster sammen med andre planter kan føre til at en større del av nitrogenopptaket hos belgvekstene blir hentet fra fiksering, sammenlignet med dyrking i reinbestand. Ved samdyrking konkurrerer plantene om næringa. Gras og korn har et effektivt opptak av tilgjengelig nitrogen i jorda, og i blandinger vil dette stimulere belgvekstene til å dekke en større del av sitt N-behov gjennom biologisk nitrogenbinding. I engforsøk har ofte kløver dekt 85-90 % av N-behovet fra fiksering i blandinger med gras. På grunn av færre belgvekstplanter per dekar vil samdyrking likevel gi mindre total bundet mengde per arealenhet enn dyrking av belgvekstene i reinbestand.



Alsikekløver kan være aktuell i en allsidig engfrøblanding.
Foto: Steffen Adler, Bioforsk

Minst mulig nitrogentap og mest mulig nytte av nitrogen fra N-binding

Ved dyrking av belgvekster ønsker vi at mest mulig av det nitrogenet som gjøres plantetilgjengelig gjennom den biologiske N-bindingen skal komme til nytte, enten i belgvekstene sjøl eller i andre kulturvekster. Dette sparer bruk av annen nitrogengjødsel og reduserer tap av nitrogen til luft og vann. Nitrogenet i belgvekstene kan tapes til luft i form av lystgass og ammoniakk og til vann i form av nitrat.

Tap i form av lystgass

Klimagassen lystgass, N_2O , kan frigjøres fra belgvekster både mens de vokser og fra høstet plantemateriale. Flere studier viser imidlertid at nitrogenbindende bakterier på belgvekstenes røtter bare i liten grad slipper ut lystgass mens plantene er i vekst. I løpet av vekstsesongen er det bare små utslipp fra eng med gras og kløver dersom den ikke er gjødslet eller det ikke blir en tørkeperiode med påfølgende regn. Ved gjentatte fryse-/tineperioder om vinteren er det risiko for større utslipp av lystgass fra eng med kløver enn fra ren graseng.

Fram til 2006 anslo FNs klimapanel, IPCC, at belgvekst-nitrogen gav dobbelt så stort utslipp av lystgass som nitrogen i kunstgjødsel. Mer kunnskap har imidlertid endret på dette, og IPCC sidestiller nå klimagassutslippene fra nitrogen i belgvekster og i kunstgjødsel. Samtidig antar de at det ikke er noe utslipp av N_2O av betydning i selve bindingsprosessen. Dette har forbedret belgvekstenes status i klimagassregnskapet vesentlig. Resultater fra 71 ulike studier i hele verden viser store variasjoner i N_2O -utslipp fra belgvekster. I gjennomsnitt var utslippene fra disse, både flerårige engbelgvekster og ettårige kjernebelgvekster, i snitt 129 g N_2O per daa. I 67 studier av gras, raps, hvete og mais som var gjødslet med handelsgjødsel var utslippet i snitt 322 g N_2O per daa. Utslippet fra belgvekstene var på nivå med gjennomsnittlig utslipp i 33 studier for ugjødslete arealer, som var 120 g N_2O per daa.

Tap i form av nitrat

Nitrogen kan også tapes fra belgvekster i form av nitrat til vann. Ved hjelp av ulike dyrkingstiltak kan en sørge for at tapene blir så små som mulig. Tidspunkt for jord-

arbeiding har betydning for slike tap. Tidlig høstpløying kan gi store tap av nitrogen i områder hvor det er ustabile vintre og mye nedbør. Sein høstpløying kan gi et bra resultat i områder med kaldt klima og stabile vintre. Pløying om våren gir nedbryting av plantemassen på et gunstig tidspunkt med hensyn til fuktighet og temperatur og rask etablering av ny plantevekst etter pløying gir mulighet for god synkronisering av næringsbehovet med det frigjorte nitrogenet. For å begrense N-tapene er god plantevekst etter hensiktsmessig jordarbeiding viktig, men jordpakking og dyp pløying bør unngås.

Lavt N-tap betyr bedre utnytting av nitrogenet som plantenæring. Gjødsleffekten av nedpløyd over- og underjordisk plantemasse på påfølgende avling kan utgjøre flere kg nitrogen. Det vil være store variasjoner, men i gjennomsnitt kan en regne med at 40-50 % av nitrogenet som fins i det nedpløyde materialet kan komme etterfølgende plantevekst til gode. Temperatur og fuktighet i jorda virker inn på nedbrytingshastigheten og dermed hvor snart seinere års plantevekst kan bruke belgvekstnitrogenet. Nitrogenervirkningen etter pløying øker med alder på enga, mens kløvervirkningen vil avta over år i takt med eventuell utgang av belgveksten. Samspillet her blir derfor viktig.

Ettervirkningen av belgvekstenes nitrogensamling påvirker derfor gjødslingsnivået året etter. Ettervirkning av hvitkløver som underkultur i korn på kornavlingen året etter kan for eksempel erstatte opptil 5-7 kg nitrogengjødsling per daa.



Dårlig drenering og jordpakking gir dårlige vekstforhold for belgvekstene, begrenser knolldanningen og reduserer nitrogenbindingen fra lufta. Foto: Mona Ringnes, Bioforsk

Belgvekster og karbonregnskap

Ved framstilling av plantetilgjengelig nitrogen produseres det karbondioksid, både i fabrikkproduksjon og i belgvekstenes nitrogenbinding. Biologisk nitrogenbinding slipper ut mer CO₂ enn ved fabrikkframstilling, regnet per kg nitrogen. Prosessen kommer likevel godt ut ved sammenligning av metodene, fordi belgvekstenes *kilde* er CO₂ fra lufta, gjennom fotosyntesen, og prosessen er derfor klimanøytral. Ved fabrikkproduksjon av nitrogen kommer CO₂ fra ikke-fornybar energi, særlig naturgass.

Forskning tyder på at bruk av belgvekster i eng og beite kan gi større innlagring av karbon i form av

organisk materiale i jord, enn eng og beite uten slike vekster. For eksempel er det observert raskere økning av karboninnholdet i jord med eng med kløver og gras enn med sterkt gjødslet graseng. Forklaringen er muligens at forholdet mellom næringsstoffer som karbon, nitrogen, fosfor og svovel er mer gunstig i belgvekstene med tanke på dannelsen av stabile forbindelser av organisk materiale i jorda. Ikke minst er C/N-forholdet viktig, og det viser seg at kløver, luserne og åkerbønner har et C/N-forhold som ligner det C/N-forholdet som humus har. Innlagringen går lettere når alle næringsstoffene som trengs, er til stede.



God gjenvekst av rødkløver og hvitkløver etter 1.slått. Foto: levina Sturite, Bioforsk

Hvor mye nitrogen binder engbelgvekstene fra lufta?

Nitrogenbindingen påvirkes av svært mange faktorer. Mengden nitrogen som bindes kan variere fra gård til gård og fra år til år. Det er vanskelig å gi nøyaktige tall for hvor mye nitrogen som blir samlet.

Den viktigste faktoren for nitrogenbindingen er tørrstoffavlinga av belgvekster. Med stor kløverandel og -avling i enga eller stor avling av erter eller åkerbønner, vil nitrogensamlinga være stor. Ved å se på mengde nitrogen som blir ført bort med belgvekstavlinga, får en et godt bilde av mengdene. Det er videre et problem å anslå nøyaktig hvor mye av dette nitrogenet som er hentet fra lufta, og hvor mye som er hentet fra jorda. I engdyrking til slått kan en regne denne andelen til rundt 90 % i blandingseng. I reinbestand av kløver og luserne vil andelen være noe lavere, og i beiter vil den også være noe lavere på grunn av at mye av nitrogenet blir resirkulert gjennom gjødsel og urin.

I tillegg til nitrogenet som blir ført bort med avlinga, vil det også være mye fiksert nitrogen i stubb og røtter. Noe blir også ført inn i jorda ved lekkasje fra rotsystemet eller ved nedbryting av planterester (blad og røtter). Den totale mengden av nitrogen bundet fra lufta kan derfor være så mye som 50 % større enn det som blir ført bort med avlinga.

Det er vanskelig å tallfeste hvor store mengder dette dreier seg om. Basert på forsøk i Danmark og Nord-Tyskland anslår Høgh-Jensen m.fl. (2004) at det fikserte nitrogenet som ikke blir høstet i fôrbelgvekster tilsvarer 40-80 % av fiksert nitrogen i avlingen. Disse forskerne har også gjort et anslag på mengde fiksert nitrogen for ulike belgvekster, samlet for over- og underjordiske plantedeler, se tabellen under.

Tabell 1. Beregnet total mengde nitrogen samlet fra lufta for ulike belgvekster, i kg per tonn belgveksttørrstoff. (Etter Høgh-Jensen m.fl. 1998)

Vekst		Kg nitrogen fiksert per tonn belgveksttørrstoff
Reinbestand	Erter til modning	38
	Bønner til modning	49
	Luserne og rødkløver	37
Blandinger	Ert/vårkorn til helsæd	34
	1-2 års hvitkløver/gras, beite	58
	1-2 års hvitkløver/gras, slått	62
	1-2 års rødkløver/gras, slått	46
	1-2 års kløver/gras, grønnngjødsel	55
	Eldre hvitkløver/gras, beite	53
	Eldre hvitkløver/gras, slått	56

I tabell 2 gjengis beregnet mengde nitrogen fiksert fra ulike gardar i landet. Det er målt mengder på skiftenivå til over 26 kg nitrogen per daa. Som regel vil mengden bundet nitrogen være noe lavere enn dette.

Mengden er beregnet etter formel fra Solberg (1993) og Nyborg (1995), som inkluderer et visst tillegg for nitrogen i stubb og røtter.

Tabell 2. Biologisk nitrogenbinding i eng på 13 økologiske garder i kg per daa og år, i gjennomsnitt for garden og maksimal mengde per skifte, beregnet mengde. (Etter Ebbesvik 1998)

Sted	Snitt for garden, kg/daa	Maks. for et skifte, kg/daa
Enebakk, Akershus	5,5	14
Odal, Hedmark	6,0	16
Stokke, Vestfold	4,5	14
Arendal, Agder	4,5	15
Nærbø, Rogaland	4,0	19
Sveio, Hordaland	1,0	4
Vik, Sogn	9,5	26
Hemsedal, Buskerud	6,0	18
Lom, Oppland	6,5	16
Tingvoll, Møre og Romsdal	7,0	22
Agdenes, Sør-Trøndelag	6,5	21
Namdalseid, Sør-Trøndelag	5,0	17
Dividalen, Troms	1,0	2

I en undersøkelse av 41 engskifter på Østlandet var det store variasjoner i belgvekstenes N-binding mellom de ulike stedene. N-bindingen varierte i første års eng fra 3 til 25 kg N/daa. Det var mer nitrogenbinding på leirjord i Akershus og rundt Mjøsa enn på sandjord i Østerdalen og mindre der det var gode reserver av nitrogen i jorda (Solberg 1993).

I tabell 3 gjengis beregnet mengde nitrogenbinding hos ulike sorter hvitkløver, fra et treårig engforsøk på fire steder i Norge. I frøblandingene ble det brukt 0,5 kg hvitkløver og 2 kg grasfrø per daa. Kløverandelen

i høstet avling varierte mye mellom felt, slått og år. Størst var andelen i feltet på Jæren, med opptil 50-60 % kløver. Mengden bundet fra lufta ble beregnet ved hjelp av forskjellen i nitrogenopptak mellom reine grasruter og ruter med hvitkløver i frøblandingene. En forutsetter da at nitrogenopptaket er likt mellom ruter med og uten kløver. Bundet nitrogen fra lufta i stubb, røtter og jord kommer ikke med i denne beregningsmåten, slik at total bundet mengde i virkeligheten er en del større. Størst mengde nitrogen ble bundet på Jæren, opptil 18 kg/daa. Sorten Milkanova samlet mer nitrogen, i middel 2,1 kg/daa mer, enn sorten Snowy.

Tabell 3. Estimert mengde nitrogen bundet i hvitkløver (middel av to sorter) på fire steder i tre år, kg/daa. Middel av fire høstesystem. (Etter Lunnan 2003)

Sted	1.engår	2.engår	3.engår
Holt (Tromsø)	3,7	4,4	4,1
Løken (Valdres)	9,9	7,3	6,6
Kvithamar (Stjørdal)	10,5	9,1	5,3
Særheim (Jæren)	17,5	16,5	15,5

Nitrogenbinding fra luft ble beregnet i et fireårig forsøk med rødkløver på de samme fire stedene som i forsøket beskrevet ovenfor. I frøblandingene ble det brukt 0,5 kg rødkløver og 2 kg grasfrø (timotei og engsvingel) per daa. Bundet N-mengde ble beregnet ved hjelp forskjellen i N-opptak mellom reine grasruter og ruter med rødkløver i frøblandingene. Bundet mengde var i snitt

for alle fire årene 8,5 kg på Holt, 9,9 kg på Løken, 12,8 kg på Kvithamar og 14,4 kg N/daa og år på Særheim. Størst mengde nitrogen ble bundet det første engåret. I feltene på Kvithamar og på Særheim ble det bundet rundt 20 kg N/daa det året. På Løken var det forskjell mellom sortene, hvor Betty årlig samlet 2,2 kg mer enn Bjursele per dekar. I forsøket konkluderes det med at

en må ha minst 50 kløverplanter per m² for å utnytte kløverens potensiale for avling og N-binding fullt ut. I dyrkingsforsøk med rød- og hvitkløver i Troms og Finnmark samlet kløveren 3-4 kg N/daa fra lufta. I dette forsøket konkluderte man likevel med at i varme somre kan stor kløverandel i enga bidra til vesentlig større nitrogenbinding.

I forsøk med rød- og hvitkløver ble mengde nitrogen samlet fra lufta beregnet. Forsøkene ble utført i Valdres, på Vestlandet og på Helgeland. Størst var nitrogensamlinga på Tjøtta på Helgeland, hvor det i 2012 ble samlet mer enn 11 kg N/daa. Nitrogensamlinga fra lufta var størst der jorda ikke ble pakket. Jordpakking på grunn av kjøring med traktor hjul i hjul rett etter hver slått reduserte nitrogenbindinga. Økning av nitrogengjødslinga fra 11 kg N i husdyrgjødsel til 17 kg N/daa i form av 6 kg N i kunstgjødsel reduserte kløverens N-samling. Økning av kløvermengden i såfrøblandingene fra 15 til 30 % gav bare en liten økning i nitrogensamlinga. Forsøkene er en del av prosjektet «Proteinrike engbelgvekster under ulike dyrkings- og klimaforhold», som avsluttes i 2014.

Disse forsøkene viser at engbelgvekstene kan binde store mengder nitrogen fra lufta under norske forhold, men også at variasjonene mellom steder og ulike dyrkingsforhold er store.

Bestemmelse av belgvekstmengde i stående eng

Belgvekstmengden i enga er avgjørende for mengden nitrogen som bindes fra lufta per dekar, og for sammensetningen av fôret som høstes. Visuell bedømming vil gi en viss pekepinn på den prosentvise botaniske sammensetningen av stående eng. Slike anslag vil variere noe fra person til person og hvor erfaren man er med dette. Ved visuell bedømming

er det viktig å ta hensyn til at rødkløver har store, horisontale blad som kan utgjøre en større andel ved visuell bedømming enn det som er tilfelle ut fra vekt. Ferske rødkløverplanter inneholder mer vann enn ferske grasplanter, noe som vil gi en annen fordeling på tørrstoffbasis. Forskjell i plantehøyde når graset har skutt og dominerende rødkløverblomster i gjenveksten må en også ta hensyn til ved visuell bedømming. Eksakt fordeling mellom gras, belgvekster og ugras får en bare ved å sortere høstet avling (botanisk analyse). Kløverandel kan også bestemmes ved hjelp av nær-infrarød refleksjonsspektroskopi (NIRS) i grasprøver.

Visuell bedømming kan også utføres på beitearealer. I Danmark er visuell bedømming av hvitkløverandel i beite sammenlignet med botanisk analyse av beitegraset. Forsøket viste at den visuelle bedømmingen overvurderte kløverinnholdet sammenlignet med botanisk bestemmelse basert på planteprøver som ble sortert for hånd. Forskjellen var størst tidlig i sesongen.

Bioforsk Økologisk har utarbeidet en bildesamling av stående eng og tilhørende «fasit» med kløverandel basert på en botanisk analyse. Bildene viser dermed eng med kjent innhold av kløver og kan brukes til øvelser på bestemmelse av kløverandelen. Andel belgvekster i enga benyttes i modeller for beregning av mengde nitrogenbinding og er derfor viktig å kjenne til. Bildesamlingen finnes på www.agropub.no/id/11169.

Beregning av bundet mengde nitrogen fra lufta

For å kunne planlegge egnet vekstskifte, fordele gjødsel og lage gode næringsstoffregnskap er det viktig å kunne anslå hvor mye nitrogen belgvekstene binder fra lufta. Det er gjort en del undersøkelser av



Eksempler på stående eng med kjent kløverinnhold, fra venstre mot høyre 15, 26 og 62 % kløver. Kløverandelen er bestemt ut fra botanisk analyse av høstet materiale. Foto: Sissel Hansen, Bioforsk

dette og variasjonene er store. Avgjørende faktorer for mengden nitrogen som belgvekstene binder i eng er totalt avlingsnivå og andel belgvekster.

Ved å undersøke rotknollene på belgvekstene kan vi finne ut om de har aktiv nitrogenbinding. Planter med få og store knoller har en mer effektiv nitrogenbinding enn planter med mange og små. Fargen inne i knollene skal være lakserød. Grønne, brune eller hvite knoller er ikke aktive.

Det finnes flere metoder for å anslå mengden nitrogen som bindes fra luft, for eksempel på et skifte eller per dekar. Metodene bygger på formler som er forenklinger av virkeligheten, og resultatene en kommer fram til bør derfor ikke betraktes som eksakte verdier.



Sortering av høstet plantemateriale fra eng er tidkrevende og krever nøyaktighet. Marie-Eve Bernard og Borghild Gjærsvik sorterer i fraksjonene gras, kløver og ugras.

Foto: Sissel Hansen, Bioforsk

Formel for flerårig eng med kløver, med kjent avlingsmengde

En svensk doktoravhandling samlet undersøkelser gjort i Nord-Europa og Nord-Amerika, og disse viser at flerårige engbelgvekster som rødkløver, hvitkløver og luserne får store deler av sitt nitrogenbehov dekket gjennom bindingsprosessen. Ytre faktorer som klima og dyrkingsforhold påvirker i stor grad den totale mengden som bindes. Andel nitrogen som bindes fra lufta av total mengde nitrogen i avlingen påvirkes derimot i liten grad av disse faktorene. Det som betyr mest er mengden kløver i enga og avlingsnivået. I disse undersøkelsene samlet luserne 21 kg, rødkløver 26 kg og hvitkløver 31 kg nitrogen per tonn tørrstoff i gjennomsnitt, noe som tilsvarer 2,1, 2,6 og 3,1 % nitrogen i tørrstoffet i de tre artene (Carlsson 2005). Dette kan brukes til enkle anslag av bundet mengde nitrogen i belgvekstene.

Ei engavling på 700 kg TS, med 40 % rødkløver ved høsting, vil ved bruk av denne formelen inneholde følgende mengde nitrogen bundet fra lufta:

$$700 \text{ kg} \times 0,40 \times 0,026 = 7,3 \text{ kg}$$

I tillegg kommer bundet nitrogen i rot og stubb, nitrogen som er lekket ut av belgvekstrøtter og tatt opp av andre arter og nitrogen som er immobilisert i det organiske materialet i jorda.

Kløvertretthet

Begrepet «kløvertretthet» ble brukt allerede på 1800-tallet, for å beskrive vekst- og avlingsproblemer som kunne oppstå med intensiv dyrking av kløver. Kløvertretthet forårsakes av sopp og nematoder. Det fører til reduksjon i kløverbestanden og nedsatt avling, og i verste fall til at kløveren forsvinner helt. Lette jordarter er spesielt utsatt for angrep. I Danmark har en hatt problemer med kløvertretthet i flere år, spesielt på gårder der det blir sådd gjenlegg rett etter pløying av gammel eng. Også i andre land er en bevisst på at intensiv dyrking av kløver kan føre til økte angrep av sykdommer og skadedyr. Undersøkelser i Nederland og Tyskland påviste plantespisende nematoder på litt under 60 % av arealene på økologiske gårder med mjølk, grønnsaks- eller kornproduksjon. Vi vet lite om situasjonen i Norge. Kortere vekstsesong og kaldere vintre kan redusere livsbetingelsene for skadegjørerne i forhold til lenger sør i Europa. Med økt intensivering i økologisk mjølkeproduksjon de siste 15-20 årene, mer ensidig dyrking av kløverrik eng og omfattende bruk av kløver som underkultur i korn, legges det til rette for flere av skadegjørerne som forårsaker kløvertretthet. Noen grovfôrprodusenter har observert avlingsnedgang, noe som muligens kan skyldes kløvertretthet.



Kløvertretthet fører til reduksjon i kløverbestanden og nedsatt avling, og i verste fall at kløveren forsvinner helt. Bildet er fra et forsøksfelt i Danmark. Til venstre i bildet har det vært dyrket kløver i 8 år, og ved etablering av ny eng har ikke kløveren etablert seg. Til høyre var forkulturen gras og her er kløvertilslaget bra. Foto: Karen Søegaard, Aarhus Universitet.

Organismer som kan forårsake kløvertretthet

Kløvercystenematoder (*Heterodera trifolii*) angriper rød- og hvitkløver, og fører til avlingsnedgang og redusert proteinprosent i fôret. Nematodene stimuleres av stoffer kløverrøttene skiller ut, og muligens også av nedbrytningsproduktene ved pløying av eng. Disse nematodene er spesialisert på kløver og overlever ikke på andre vekster.

Stengelnematoder (*Ditylenchus dipsaci*) trenger inn i plantene og gjør at nedre del av stengelen svulmer opp. Foredlingsarbeidet for 60 år siden omfattet resistens mot denne nematoden. Stengelnematoder har minst 450 ulike vertsplanter. Blant dem er potet, gulrot, løk, ert, rug, kløver og luserne.

Rotsårnematoder (*Pratylenchus spp.*) er frittlevende og har mange vertsplanter. De skader derfor både kløver og andre kulturplanter i vekstskiftet. Angrep vises som brune striper på røttene. Rotsårnematoder kan overleve på mange forskjellige verter, blant annet gras, potet og gulrot foruten kløver.

Rotgallnematoder (*Meloidogyne spp.*) - av disse finnes det mange typer, og de trenger tofrøblada vekster for å overleve. De ulike typene har ulike vertsplanter. De trenger inn i rotspissen og forstyrrer opptak av vann og næring og nitrogenbindingen i belgvekstene.

Kløverrâte (*Sclerotinia trifoliorum*) er en sopp med sporer som er spiredyktige i 7-8 år. Den kan være en viktig årsak til at rødkløver går ut i enga. Angrepet skjer under fuktige forhold om høsten, og er verst i frodige kløverbestander. Soppen kan ses som svarte, avlange klumper om våren. Angrep kan gi flekkvis skade i enga.

Rotrâte (*Fusarium spp.*) brukes som betegnelse på flere slags jordlevende sopper som kan forårsake râte i rota og krona på plantene. Rotrâtesopper opptrer oftest på planter som er svekket fra før, og er en viktig årsak til at rødkløver går ut av 2-3 år gammel eng. Rødkløver er mer utsatt for angrep enn hvitkløver.



Skade på rødkløver av stengel-nematode.
Foto: Gudmund Taksdal, Bioforsk



Skade på grunn av kløverrøte.
Foto: Anne Marte Tronsmo, Bioforsk

Styrk kløverplantene

Nematoder og råtesopper er en naturlig del av jordlivet, og det finnes mange forskjellige arter av disse. Skadelige arter kan forekomme, og det viktigste for grovfôrproducentene vil da være å holde bestanden av skadegjørere på et slikt nivå at antallet ikke kommer over økonomisk skadeterskel.

Tilrettelegging for biologisk mangfold og bruk av allsidig vekstskifte er viktige tiltak for å lykkes med økologisk drift. Dette må også gjelde i engdyrking. Det er sannsynligvis ikke nok å ha ulike gras- og kløverarter i såfrøblandingen hvis disse blir dyrket kontinuerlig. Når kløver hele tida finns i plantebestanden, vil skadegjørere som har kløver som vertsplante øke i omfang og kunne gjøre stor skade. I Danmark, der kløvertretthet tidligere var et stort problem for få år siden, er problemet redusert betraktelig etter at bøndene har ekstensivert kløverdyrkingen. Ett til to kløverfrie år i omløpet ser ut til å være nok til å få kontroll på problemet.

Stimulering av biologisk aktivitet og dermed økt biologisk mangfold i jorda vil i seg sjøl virke positivt på evnen til sjølregulering og systemstabilitet i jorda. Skadegjørere har naturlige fiender i jorda, og legger vi forholdene til rette for dem, kan de bidra til å holde antall skadegjørere på et akseptabelt nivå.

Fjerning av nematodenes vertsplanter reduserer smittepresset på kulturplantene. Ugrasreinhold er et viktig tiltak mot nematoder fordi flere ugrasarter kan fungere som vertsplanter. Brakking kan være et aktuelt tiltak mot angrep av nematoder som ikke går i dvale. Dette gjelder for eksempel rotgallnematode.

Maksimum to slåtter per år og minst 8 cm stubbehøyde vil dessuten bidra til å styrke kløverplantenes motstandskraft generelt. Tidlig såing og god innvintring gjør plantene mer motstandsdyktige mot kløverrøte. Dyp pløying kan begrense smitte der det har vært utbrudd. Også resistens hos vertsplanten er viktig, og tetraploide sorter er tydelig mer motstandsdyktige enn diploide.

På midten av 1900-tallet var det store problemer med kløvertretthet mange steder i Norge. Det ble gjort en stor innsats for å foredle kløversorter som var resistente mot nematoder. Nå er det ikke lenger fokus på nematoderesistens i kløverforedlingen, men en legger derimot mye vekt på motstandsdyktighet mot kløverrøte og andre råtesopper.

Det viktigste gårdbrukerne kan gjøre er å forebygge kløvertretthet gjennom å unngå å ha kløver hvert år i omløpet. Dette er spesielt viktig på lette jordarter, der en er utsatt for nematodeangrep.

Viktig å huske på - engbelgvekster

- Kløver setter større krav til klima, jordart og driftsmessige forhold enn mange grasarter
- Sjekk om rotknollene er lakserøde og dermed binder nitrogen i løpet av vekstsesongen
- Kløver trives ikke med store mengder nitrogen-gjødsel
- Unngå brakking etter kløvereng for å unngå N-tap
- Intensiv kløverdyrking kan gi symptomer på kløvertretthet, 1-2 kløverfrie år reduserer oppformering av nematoder og sopp som kan gi avlingsskade

Belgvekster til modning

Det er hovedsakelig erter og åkerbønner som dyrkes til modning i Norge. Valg av art avhenger i stor grad av klima. Norge ligger på nordgrensa for disse vekstene. Erter kan dyrkes over store deler av Østlandet og i Trøndelag. De tilgjengelige sortene av åkerbønner er generelt seine, og egner seg bare i de beste klimatiske områdene på Østlandet. Det dyrkes nå åkerbønner til fôr i Vestfold, Østfold og Follo. Lupiner er risikofylt å dyrke på grunn av svak konkurranseevne mot ugras og sein modning.

Arealene for proteinrike frøvekster bør generelt være godt drenert, ha pH over 6,0 og lite kveke eller annet rotugras. I et økologisk vekstskifte med mye korn er det økonomisk og agronomisk interessant å dyrke både erter og åkerbønner. For begge disse gjelder det å ikke dyrke dem for ofte, minst 5-6 år mellom hver gang, for å unngå oppformering av jordboende soppsykdommer.

Proteininnholdet i belgvekster som erter, åkerbønner og lupiner er høyt, og proteinet brytes raskt ned i vomma. Åkerbønner og lupiner kan inneholde stoffer

som kan være uheldige i fôring, f.eks lectiner, tanniner og alkaloider. De kan bla. hemme proteinnedbrytinga, gi dårlig smak eller påvirke fruktbarheten. Noen av stoffene brytes ned ved oppvarming. Innholdet kan være sortsavhengig og generelt inneholder foredlede sorter mindre enn ville planter. For eksempel er innholdet av tanniner i åkerbønner lavt hos sorter med hvite blomster, mens sorter med flerfargete blomster har høyt innhold av tanniner.

Normalt er det tilstrekkelige mengder av Rhizobium-bakterier som går på erter og bønner i dyrkajord, slik at bakteriesmitting ikke er nødvendig før såing. Forsøk med såfrøsmitting førte ikke til meravling eller økt proteininnhold i åkerbønne sjøl om det ikke tidligere var dyrket belgvekster på forsøksarealene i Vestfold. Lupinfrø kan det være aktuelt å smitte hvis det ikke tidligere har vært dyrket lupiner på arealet.

Erter kan binde inntil 14-17 kg nitrogen per dekar i løpet av vekstsesongen. Nitrogenet nyttes av erteplantene, men 3-4 kg kan bli igjen i jorda etter høsting fordi det fins i røttene. Forgrøde-verdien av erter i reinbestand er 1,5-4 kg N/daa. Forgrøde-verdien av åkerbønner kan være inntil 3-5 kg N/daa.

Samdyrking av erter og korn til modning kan gi høyere totalavling enn ved dyrking i reinbestand, bedre konkurranseevne mot ugras, mindre angrep av skadegjørere og høyere proteininnhold enn i korn alene. Mengdeforhold mellom erter og korn justeres etter næringstilgangen i jorda. Lav N-tilgang vil hemme kornet mer enn ertene og mengden såkorn bør derfor økes. Mengden såkorn kan være 10-16 kg av en total såmengde på 20-23 kg/daa. Det er et problem om modningstidspunktet blir ulikt mellom artene. En ert-kornblanding er normalt sterk mot legde, men hvis kulturen først legger seg er den svært vanskelig å treske. Forsøk i Agder viste at ert i reinbestand gav størst avling, mest protein og best fôrutnytting sammenlignet med samdyrking. De stråstive ertesortene gir dessuten ikke legdeproblemer sjøl i reinbestand.

Viktig å huske på - kjernebelgvekster

- Smitting av såfrøet kan være nødvendig
- Dyrk arter og sorter som passer til klima og jord
- Kjernebelgvekster passer godt i et vekstskifte med mye korn og andre åkervekster
- Ikke dyrk kjernebelgvekster oftere enn hvert 5.-7. år på samme areal



Erter kan dyrkes over store deler av Østlandet og i Trøndelag.
Foto: Randi B. Frøseth, Bioforsk



Åkerbønner kan gi proteinrikt fôr
Foto: Silja Valand, Norsk Landbruksrådgivning Østafjells



Skolme med modne åkerbønner
Foto: Silja Valand, Norsk Landbruksrådgivning Østafjells

Belgvekster i grønngjødsel og som underkultur i korn

Grønngjødsel er aktuelt i ulike produksjoner, spesielt på gårder uten tilgang på husdyrgjødsel eller grovfôrproduksjon. Grønngjødsel er vekster som blir brukt for å tilføre jorda næringsstoff, hente opp næring fra dypere jordlag og gjøre dem lettere tilgjengelig for andre kulturvekster og som et ledd i ugraskontrollen. Det er vanlig med gjentatt slått av grønngjødselplantene flere ganger i vekstsesongen, hvor grønnmassen blir liggende på stubben. Fordelene med grønngjødsel er tilførsel av næring, spesielt nitrogen, som gir høyere avlinger åra etter samt bedre kontroll på flerårig ugras. Ulempen med grønngjødsel som hovedkultur er at en får et år uten salgbar avling.

Belgvekster blir mye brukt i grønngjødselblandinger, særlig på grunn av deres evne til å binde nitrogen fra lufta. Dette kan være flerårige arter som rød- og hvitkløver, eller ettårige arter som åkerbønne, aleksandriner- og perserkløver eller vinterrettårige som blod-

kløver, jordkløver eller vintervikke. Noe av nitrogenet i belgvekstene kommer til nytte for andre planter i vekstsesongen. I svenske feltforsøk med dyrking av rødkløver og raigras sammen er det målt opptak av belgvekstnitrogen hos raigraset opp mot 7 kg N/daa årlig. Dette nitrogenet stammer fra lekkasje fra rotknoller og røtter, men det meste frigjøres ved omsetning av dødt plantemateriale. I det svenske forsøket var mengden som ble overført større når grønnmassen ble liggende etter slått i forhold til om den ble fjernet. Mengden plantenæring belgvekstene kan bidra med, varierer med artsegenskaper, utviklingstrinn, C/N-forhold og håndtering etter slått. Generelt vil det være slik at jo yngre og mer bladrike plantene er, jo høyere vil konsentrasjonen av næringsstoffer være og jo raskere vil næringen bli frigjort. Avhengig av klimatiske forhold, kan en forvente at rundt en tredel av nitrogenet i ung, bladrik plantemasse blir frigjort i de nærmeste månedene etter nedmolding. God jordstruktur og stor

biologisk aktivitet i jorda gir raskere omdanning av næring enn om jorda er sur, tettpakket, kald og enten våt eller tørr. Frigjøringshastigheten vil også påvirkes av om plantemassen moldes ned eller blir liggende på jordoverflaten etter slått. God kontakt mellom jord og plantemasse er viktig, men for dyp nedmolding kan redusere lufttilgangen og dermed nedbrytningsprosessen. Noen belgvekster, som rødkløver og luserne, har kraftige, dyptgående røtter med evne til å hente opp næring fra dype jordlag. Slike røtter kan også bidra til å løsne pakket jord. Ettårige grønngjødselvekster inneholder mye lett tilgjengelig organisk materiale. Dette inneholder mye mat for ulike jordorganismer og fører dermed til en oppblomstring av jordlivet. Belgvekster har også evne til å utnytte tungt tilgjengelig næring, særlig forbindelser av fosfor og kalium.

Grønngjødsel kan bidra til å redusere ugrasmengden på flere måter, blant annet ved at vekstene skygger for ugrasplantene i vekstsesongen, de hindrer frøsetting ved hyppig slått og jorddekke med oppkuttet plantemateriale reduserer spiring av ugras. Grønngjødsel kan også virke mot skadedyr, for eksempel blir insekter som tiltrekkes av kontrasten mellom jord og planter, hindret i å finne vertsplantene hvis de dyrkes med en underkultur.



Havre og ertre i blanding. Foto: Randi B. Frøseth, Bioforsk

Planter kan brukes som gjødsel på ulike måter. De kan dyrkes som ett- eller flerårig vekst, i reinbestand eller i blandinger, som hovedkultur eller sammen med salgsvekster. Vinterettårige arter kan sås på ettersommeren og vokse videre neste år. Plantematerialet kan brukes som jorddekke på andre arealer, eller en kan slå det og molde det inn i jorda på stedet. Grønngjødsel kan dyrkes som forkultur eller etterkultur/fangvekst. Som underkultur i korn kan det nyttes lavtvoksende kløver. Grønngjødsel kan radsås mellom grønnsaks- eller bær-rader, enten som ett- eller flerårig kultur. Plantematerialet fra eng blir regnet som grønngjødsel hvis det blir brukt som jorddekke.

Kløverrik, helårs grønngjødsel kan binde betydelige mengder nitrogen fra luften, gjerne 10-20 kg N/daa årlig. Pussing og slått i sesongen vil stimulere til økt nitrogenbinding, men det kan også føre til nitrogentap til luft og vann fra plantematerialet som blir liggende på bakken for å råtne.

De ulike vekstene i en grønngjødselblanding bør ha egenskaper som utfyller hverandre. Foruten klima og jordtype er det viktig å vurdere ugrasmengde og kulturplantenes næringsbehov. Med et stort ugrastrykk



Blodkløver er en aktuell vekst i ettårige grønngjødselblandinger. Foto: Kirsty McKinnon, Bioforsk



Gul lupin og bondebønner er ettårige og har kraftig vekst.
Foto: Sissel Hansen, Bioforsk

er det aktuelt å bruke arter som tåler hyppig slått. Grønn gjødselvekster med mye næring samlet i rotmassen og som dermed frigjør næring over lang tid, passer sammen med næringskrevende kulturplanter som trenger næring hele sesongen. Kulturplanter med kort utviklingstid og størst behov for næring i tidlig i veksten, passer sammen med grønn gjødselvekster med stor bladmasse, som ved slått frigjør næring raskere. Aktuelle nitrogenbindende arter er perserkløver, fôr- vikke, rød- og hvitkløver.

Underkultur i korn

Grønn gjødselplanter kan dyrkes som underkultur sammen med kornplantene. Dette kan være et godt alternativ til å ha egne grønn gjødselår i vekstskiftet. Underkulturen samler og holder på næringsstoffer, motvirker jordtap og stimulerer livet i jorda. Underkulturen kan også bidra til mindre ugras i kornåkeren. Underkulturen gjør mest av seg i nedbørrike år og i områder med lang vekstsesong. En slik dyrkingspraksis er aktuelt på gårder med lite eller ingen eng i vekstskiftet. Det er gunstig å bruke hvitkløver, den konkurrerer mindre med kornet enn rødkløver. Godt etablert hvitkløver i reinbestand kan samle 7-10 kg N/daa. Sortene Aran og Milkanova er gode nitrogensamlere. En kombinasjon av hvitkløver og to- eller flerårig raigras gir både tilførsel av nitrogen og fangveksteffekt. Med rundt 10-20 % hvitkløver i frøblandingen kan underkulturen gi rundt 50 kg/daa i meravling året etterpå. Større kløverandel kan gi større nitrogentap. Underkulturen sås samtidig med kornet eller ved første ugrasharving. Underkultur kan gjøre treskinga vanskelig hvis det er legde i kornåkeren eller om underkulturen blir for kraftig, og kan gjøre jordarbeiding mot kveke om høsten vanskelig. Pussing av underkulturen om høsten kan ha god virkning mot kveka når den har 3-4 blad. Grønn gjødselplantene kan pløyes ned om høsten. Ved redusert jordarbeiding, som harving eller fresing, kan plantene bli et ugrasproblem i kulturen året etter.

Pionerblanding

Ved landbruksavdelingen hos Fylkesmannen i Buskerud er det utviklet en grønn gjødselblanding spesielt tilpasset arealer hvor det lenge har vært ensidig korndyrking, og hvor mengden organisk materiale i jorda er liten og jordstrukturen er dårlig. Hovedfokus i arbeidet har vært å gjenskape et levende jordsmonn og tilførsel av energi i form av organisk materiale. Løsning av jord og plogsåle er første trinn i «jordforbedringskuren», før isåing av en grønn gjødselblanding med vintervikke (2 kg), blodkløver (0,5 kg), honningurt (0,5 kg) og ettårig raigras (1 kg), mengde per dekar i parentes. Dette er en forenklet og billigere blanding enn den opprinnelige «Pionerblandingen», og kan kjøpes ferdig blandet. Grønn gjødselblandingen etablerer seg raskt og konkurrerer godt med ugraset. Blandingen har omlag 2 mnd. veksttid og bør få stå fram til at vintervikka blomstrer før den slås. I utprøvingene



Foto: Øystein Haugerud, Fylkesmannen i Buskerud

ulike steder i Buskerud ga den bedre ettervirkning enn grønnfôr, i form av bedre jordstruktur og høyere kornavling både 1. og 2. ettervirkningsår.

Hvordan unngå næringstap ved dyrking av grønngjødsel?

Dyrking av belgvekster som grønngjødsel gjør det nødvendig å ha fokus på å hindre næringstap og sørge for at kulturvekstene kan nyttiggjøre seg det nitrogenet som frigjøres. Næringstap kan forekomme ved utvasking, overflateavrenning eller fordamping. Tidspunkt for slått, nedmolding eller jorddekking må tilpasses slik at frigjøringen av næringsstoff samsvarer med tida kulturplantene har bruk for næringen. Kunnskap om klima, jord og egenskapene til plantemassen er nødvendig for å velge rett tidspunkt for de ulike arbeidsoperasjonene.

Lett nedbrytbar plantemasse med høyt nitrogeninnhold kan gi næringstap. Faren for næringstap etter slått er spesielt stor på lett jord, i nedbørrike områder og der det er milde vintre uten snødekke. Ettårig grønngjødselmasse som fryser ned på vinteren kan gi lekkasje av fosfor og nitrogen i form av overflateavrenning og



Tekst: Bygg med underkultur. Foto: Randi B. Frøseth, Bioforsk

nitrogen som gasstap, fordi næringa ikke kan bindes i frossen jord.

Flerårige vekster og ettårige planter som er tilpasset klimaet forbereder seg på vinteren ved å samle mye av næringen i røttene. Ettårige vekster som ikke er tilpasset norske forhold kan ha mye av næringa samlet i overjordiske plantedeler når vinteren kommer. Jord med lav biologisk aktivitet fanger ikke opp alle næringsstoffene i grønnmassen etter at den har blitt slått. Ved å la vekstene stå lenger blir de mer karbonrike og faren for nitrogentap blir mindre.

En god kombinasjonsløsning kan være å høste en eller flere slåtter og la noe ligge igjen, særlig på tyngre jordarter. Nedmolding av grønngjødsel om høsten kan være aktuelt på tung jord i områder med stabile vintrere, mens det på lettere jord er fare for utvasking. Hvis det skal pløyes om høsten bør det foregå så seint som mulig for å redusere næringstap. Vårpløying er et godt alternativ i områder med mye nedbør, kort periode med tele i jorda og på erosjonsutsatte områder. Dette er særlig aktuelt på lett jord og hvis plantene har blitt slått flere ganger i løpet av sesongen, slik at de har et lavt C/N-forhold seint på høsten. I et feltforsøk på Ås fant en at plantemasse av kløver og gras som ble liggende på bakken etter høsting gav større tap av lystgass enn når plantemassen ble fjernet.

Det kan være gunstig å vente 2-3 uker fra nedmolding til såing av ny kultur for å unngå den spirehemmende effekten store mengder nedmoldet grønngjødsel kan ha.

Forsøk på Østlandet viser at tap av nitrogen i form av nitrat i overflate- og grøftevann ved dyrking av grønngjødsel som vårpløyes kan være mer enn 3 kg/daa per år. Nitrogenet stammer fra den overjordiske delen av plantene. Tidlig høstpløying kan gi større tap fordi kløverrikt plantemateriale i jord brytes raskt ned og mye av næringsstoffene blir tilgjengelig allerede om høsten.

Forsøk har vist at i et nordisk klima vil innhøsting av grønngjødselavlingen ofte gi mindre nitrogentap enn om grønnmassen pløyes ned. Samtidig viser forsøk at det ble 30 % lavere byggavling der grønnmassen ble høstet året før, enn der den ble liggende. Samarbeid med husdyrprodusenter i nærheten om bytte av fôr og gjødsel kan gi god utnytting av grønngjødselmassen. I



Foto: Steffen Adler, Bioforsk

distrikt med lite husdyr kan kompostering eller biogassfermentering av grønnmassen være aktuelle metoder for å ta vare på nitrogenet. Kompostering kan skje på gården, men må utføres slik at minst mulig næring går tapt underveis i prosessen. I et biogassanlegg produseres metan, men det blir også dannet en nitrogenrik biorest som kan brukes til gjødsling. I forsøket med

bygg nevnt over gav bruk av biorest fra grønnmassefermentering like gode byggavlinger som der grønnmassen ble liggende etter hver slått. I tillegg var det nok biorest til å gjødsle et tilsvarende areal. Foreløpig fins det få slike anlegg i Norge, men i framtida kan det for flere være aktuelt å levere råstoff i form av blant annet grønnmasse og hente ut biorest til gjødsel.

Internettadresser

www.agropub.no

■ formler for utregning av bundet mengde nitrogen: www.agropub.no/id/7523

■ grønnngjødsel: www.agropub.no/id/5484

■ grønnngjødsel til korn: www.agropub.no/id/10436

■ underkultur i korn: www.agropub.no/id/10470

■ bestemmelse av kløver-% i enga: www.agropub.no/id/11169

www.baljevaxtakademin.se svensk forum for belgvekstinteresserte

www.bioforsk.no

www.felleskjopet.no/landbruk/Plantekultur/Sider/Kataloger.aspx, Grovfôrkatalog med engfrøblandinger, kløverfrø og belgvekstsmitte, Vårkornkatalog med sorter for erter og åkerbønne

www.legumefutures.eu EU-finansiert prosjekt 2010-2014 med mål om å utvikle og måle belgvekstbaserte dyrkingssystem for europeisk jordbruk

www.lr.no/fagartikler/?filter=1272, fagartikler om eng og grovfôr på hjemmesida til Norsk Landbruksrådgivning

www.norgesfor.no Engfrøblandinger, Pioneerblanding og ettårige belgvekster

www.okofro.no Mattilsynets database for tilgjengelig økologisk frø

www.nilf.no/publikasjoner/Driftsokonomiske_planleggingsverktoy/driftsokonomiske_planleggingsverktoy: ØkologiPlan, et gratis planleggingsprogram for dyrking av økologiske korn- og belgvekster

www.slu.se/legumes Svensk nettverk for forskning på belgvekster

pub.epsilon.slu.se/3530/1/NyttEko3_02.pdf Bestämning av rödklöverhalten i vall. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, nr. 3 2001

Litteratur

- Brandsæter, L.O., S.M. Birkenes, B. Henriksen, R. Meadow & T. Ruissen 2006. Planter og plantehelse i økologisk landbruk. Bind 1: Bakgrunn, biologi og tiltak. Bioforsk og Gan Forlag. ISBN 10: 82-492-0732-7 www.bioforsk.no/ikbViewer/page/tjenester/publikasjoner/publikasjon?p_document_id=27530
- Brandsæter, L.O., K. Mangerud, S.M. Birkenes, G. Brodal & A. Andersen 2009. Planter og plantehelse i økologisk landbruk. Bind 3 - Korn, oljevekster og kjernebelgvekster. Bioforsk Fokus vol 4, nr. 4. www.bioforsk.no/ikbViewer/page/tjenester/publikasjoner/publikasjon?p_document_id=39021
- Braun, E. 2007. Reactive Nitrogen in the Environment. Too much or too little of a good thing. UNEP, WHRC. http://hqweb.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3951
- Carlsson, G. 2005. Input of Nitrogen from N₂ Fixation to Northern Grasslands. Doctoral Thesis SLU 2005:76, Umeå
- Hansen, L., & K. Søgaard 2009. Kløvertræthed, er nematoder årsagen? <http://orgprints.org/16173/1/16173.pdf>
- Høgh-Jensen H., R. Loges, F.V. Jørgensen, F.P. Vinther & E.S. Jensen 2004. An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, s. 181-194.
- Høgh-Jensen, H., R. Loges, E.S. Jensen, F.V. Jørgensen & F.P. Vinther 1998. Empirisk model til kvantificering af symbiotisk kvælstoffiksering i bælgplanter. I: 'Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer', s. 69-86. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. FØJO-rapport nr. 2 - 1998.
- Jensen, E.S., M.B. Peoples, R.M. Boddey, P.M. Gresshoff, H. Hougaard-Nielsen, B.J.R. Alves & M.J. Morrison 2011. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* Online 19.10.2011 www.baljevaxtakademin.se/home/blogg/dokument/2011_steen_jensen_et_al_legumes_for_mitigation_of_climate_change.pdf
- Lunnan, T. 2003. Potensialet til kvitkløver i økologisk driftsopplegg. *Grønn Kunnskap* 7(4), s. 127-135
- Lunnan, T. 2004. Avling, kvalitet og varighet i økologisk kløvereng. *Grønn Kunnskap* 8(2), s. 136-143
- McKinnon, K. & A.-K. Løes 2005. Planter som jorddekke - gjødsling og plantervern. *NORSØK Småskrift* nr. 2 2005
- Nyborg, S.B. 1995. Biologisk nitrogenfiksering. *Småskrift* 6/95. Infosenteret, Forskningsparken i Ås AS
- Olberg, E. K., T. Strøm, T. J. Rogneby, U. Abrahamsen og R. Eltun 2005. Produksjon av proteinråvarer til økologisk kraftfôr. *Grønn Kunnskap* 9 (104)
- Røthe, G. & T. Lunnan 2003. Raudkløver og kvitkløver i økologisk dyrking. *Grønn kunnskap* 7(5), s. 139-144
- Serikstad, G.L., M. Ebbesvik, B.I.F. Henriksen, K. McKinnon & M. Ringnes 2010. Økologisk landbruk. Tun Forlag, Oslo ISBN 978-82-529-3250-8
- Solberg, S. Ø. 1993. Kartlegging av nitrogendynamikken I Økologisk jordbruk. Rapport 1: Nitrogenundersøkelser på økologisk drevne gårder på Østlandet. FØKO og ØKOSØN, 87 s.
- Sutton, M.A. m.fl. (eds.) 2011. The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press
- Søgaard, K., K. Møller, B. Jensen, S. Elmholt & J. Bonderup Kjeldsen. 2004. Kløvertræthed. *Grøn Viden Markbrug* nr. 305. <http://pure.au.dk/portal/files/455845/gvma305.pdf>
- Øverland, J.I. 2010. Dyrking av åkerbønner. Norsk Landbruksrådgivning SørØst. <http://sorost.lr.no/fagartikler/4882>

Bioforsk FOKUS

Mat, miljø og muligheter

Bioforsk er et forskningsinstitutt med spisskompetanse innen landbruk, matproduksjon, miljø og ressursforvaltning. Bioforsk har også fokus på forskningsbasert innovasjon og verdiskaping. Bærekraftig ressursbruk er en grunnleggende premiss.

Bioforsk skal levere faglig kunnskap som næring, forvaltning og samfunnet ellers etterspør og med relevans til store utfordringer, regionalt, nasjonalt og globalt, slik som klimaendringer, biomangfold, fattigdom og global handel. Bioforsk har som mål å være en regional, nasjonal og internasjonal konkurransedyktig produsent av kunnskap, tjenester og løsninger.

Bioforsk er representert i alle landsdeler.

